

10501269

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①1 **DE 3934920 A1**

①6 Int. Cl. 5:
B23K 26/14
B 23 K 26/06
// F16D 27/14,63/00

②1 Aktenzeichen: P 39 34 920.9
②2 Anmeldetag: 20. 10. 89
④3 Offenlegungstag: 3. 5. 90

DE 3934920 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
27.10.88 US 263371

⑦1 Anmelder:
Dana Corp., Toledo, Ohio, US

⑦4 Vertreter:
Stellrecht, W., Dipl.-Ing. M.Sc.; Griebach, D.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Haecker, W., Dipl.-Phys.;
Böhme, U., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Beck, J.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 7000 Stuttgart

⑦2 Erfinder:
Roll, Thomas P., Brighton, Mich., US; Booth, Dwight
E., Janesville, Wis., US

⑤4 Verfahren zum Herstellen einer mehrpoligen Kupplungsscheibe

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Schlitten in einer metallischen Kupplungsscheibe, beispielsweise einem Anker oder Rotor einer elektromagnetischen Kupplungseinrichtung, wie einer Kupplung oder Bremse.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die Kupplungsscheiben und ein Laserstrahl relativ zueinander bewegt, um Teile der Scheibe zu schmelzen und auf diese Weise durch die Scheibe hindurchgehende Schlitzte zu erzeugen. Der Laserstrahl wird dabei bezüglich der Scheibe defokussiert, um auf diese Weise mit einem Laser mit relativ geringer Leistung relativ breite Schlitzte in der Scheibe herstellen zu können. Ein Druckgasstrahl wird unmittelbar angrenzend an den Laserstrahl gegen die Scheibe gerichtet, um Metall aus den Schlitzten heraus zu blasen und die Bildung breiter Schlitzte zu fördern.

DE 3934920 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer mehrpoligen Kupplungsscheibe für eine elektromagnetische Kupplungseinrichtung, wie z. B. eine elektromagnetische Kupplung oder Bremse.

Dabei kann die Kupplungsscheibe Bestandteil von drehbaren oder nicht-drehbaren Magnetfelderzeugungseinrichtungen sein oder ein drehbarer oder nicht-drehbarer Anker.

Eine typische elektromagnetische Kupplungseinrichtung ist in der US PS 41 87 939 beschrieben, wobei es sich in diesem speziellen Fall um eine elektromagnetische Kupplung mit einer drehbaren Ankerscheibe aus magnetischem bzw. magnetisierbarem Material, z. B. Stahl, handelt, der Felderzeugungseinrichtungen mit einer drehbaren Kupplungsscheibe bzw. mit einem Rotor zugeordnet sind, welche bzw. welcher ebenfalls aus magnetisierbarem Material besteht. Wenn die Erregerwicklung der Felderzeugungseinrichtungen erregt ist, ergibt sich dabei ein magnetischer Fluß, der einem gewundenen Pfad zwischen dem Rotor und dem ihm axial gegenüber liegenden Anker folgt und zur Folge hat, so daß der Anker gegen den Rotor und in Kontakt mit diesem gezogen wird, um diese beiden Bauteile zu einer gemeinsamen Drehbewegung zu koppeln. Bei der in der US PS 41 87 939 beschriebenen Kupplung ist der Anker mit einem Ring von in Umfangsrichtung im Abstand voneinander angeordneten bananenförmigen Schlitten versehen, während der Rotor mit zwei konzentrischen Ringen von in Umfangsrichtung im Abstand voneinander angeordneten bananenförmigen Schlitten versehen ist, die im Betrieb auf gegenüber liegenden Seiten des aus mehreren Schlitten gebildeten Ringes in dem Anker liegen. Die bananenförmigen Schlitten bilden Luftspalte mit hohem magnetischen Widerstand und bewirken, daß Rotor und Anker vier Magnetpole bilden, wodurch bei einer Kupplung mit gegebenem Außendurchmesser ein erhöhtes Drehmoment erreichbar ist. Durch Ausbilden eines weiteren Ringes im Rotor und im Anker kann die bekannte Kupplung als sechspolige Kupplung mit noch höherem übertragbaren Drehmoment ausgebildet werden.

Bis vor kurzem wurden die bananenförmigen Schlitten aus dem Rotor und dem Anker ausgestanzt. Dabei können die Schlitten beim derzeitigen Stand der Stanztechnik im allgemeinen nicht mit einer Breite ausgebildet werden, die deutlich geringer ist als die Dicke der betreffenden Scheibe. Es ergeben sich folglich Schwierigkeiten beim Ausstanzen mehrerer aus einzelnen Schlitten gebildeter Ringe aus einer vergleichsweise dicken Scheibe, welche einen relativ geringen Durchmesser hat. Außerdem bringt das Stanzen der Schlitten normalerweise Einschränkungen hinsichtlich der Lage der Schlitten in der Scheibe mit sich. Die konstruktive Ausgestaltung der Scheibe wird folglich eher durch die verfügbaren Werkzeuge diktiert, als entsprechend der angestrebten magnetischen Charakteristik durchgeführt.

Als Alternative zum Herstellen durchgehender Schlitten im Rotor und im Anker zur Erzeugung von Luftspalten hohen magnetischen Widerstandes besteht ferner die Möglichkeit, in die Scheibe Kanäle einzuarbeiten und dann mit einem nicht-magnetischen Material zu füllen, um zwischen den Polen Bereiche hohen magnetischen Widerstandes zu definieren. Anschließend wird dann im Zuge einer maschinellen Bearbeitung der Boden der Kanäle entfernt, um auf diese Weise die zunächst vorhandenen Pfade für einen magnetischen Fluß

zu entfernen, welcher sich sonst über die Bodenbereiche der Kanäle ergeben könnte. Dieses Herstellungsverfahren ist relativ teuer, insbesondere dann, wenn in jeder Scheibe zwei oder mehr Ringe hohen magnetischen Widerstandes hergestellt werden sollen.

Aus der US PS 46 85 202 ist es auch bereits bekannt, in einer Kupplungsscheibe Schlitten unter Verwendung eines Laserstrahls herzustellen. Bei diesem bekannten Verfahren bildet ein Laserstrahl kontinuierliche Schlitten aus, die sofort wieder mit unmagnetischem Material gefüllt werden.

Außerdem besteht die Möglichkeit, in Umfangsrichtung im Abstand voneinander angeordnete bananenförmige Schlitten herzustellen, die durch unmagnetische Brücken getrennt sind, welche durch Füllen der betreffenden Schlittenbereiche mit einem unmagnetischen Material erhalten werden.

Das in der US PS 46 85 202 beschriebene Verfahren stellt hinsichtlich der Herstellung magnetischer Kupplungsscheiben eine beachtliche Verbesserung dar. Selbst dieses modernste Verfahren leidet jedoch an gewissen Einschränkungen. Beispielsweise ist es schwierig Schlitten mit beträchtlicher radialer Breite in einem einzigen Durchlauf und mit hoher Produktionsgeschwindigkeit herzustellen, ohne sehr energiereiche Laser einzusetzen, die einen Laserstrahl beträchtlichen Durchmessers erzeugen.

Ausgehend vom Stand der Technik und der vorstehend erläuterten Problematik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zum Herstellen einer magnetischen Kupplungsscheibe unter Verwendung eines Lasers anzugeben und dabei bei Einsatz eines Lasers mit vergleichsweise geringer Leistung die Herstellung relativ breiter Schlitten in einer Scheibe zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs angegebenen Art gelöst, welches gemäß der Erfindung durch folgende Schritte gekennzeichnet ist:

es wird eine Scheibe aus magnetisierbarem Material hergestellt;

es wird ein Laserstrahl gegen eine Oberfläche der Scheibe an einer Stelle gerichtet, die zwischen der Mitte der Scheibe und dem äußeren Umfang derselben liegt; es wird dafür gesorgt, daß der Laserstrahl an einer Stelle auf die Scheibe auftrifft, die sich im Abstand vom Brennpunkt des Laserstrahl befindet, um den Laserstrahl bezüglich der Scheibe zu defokussieren;

es wird eine relative Drehbewegung zwischen der Scheibe und dem Laserstrahl herbeigeführt, um zu bewirken, daß der defokussierte Laserstrahl Teile der Scheibe schmilzt und relativ breite, gekrümmte Schlittenelemente in der Scheibe erzeugt; und während der Bildung der Schlittenelemente wird ein Druckgasstrahl, welcher dem Laserstrahl eng benachbart ist, gegen die Scheibe gerichtet.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung besteht dabei darin, daß durch Defokussieren des Laserstrahls hinsichtlich seines Auftreffbereichs an der Scheibe ein größerer Strahldurchmesser an der Scheibe erreicht wird und daß die damit verbundene Verringerung der Energie zum Aufschmelzen des Scheibenmaterials dadurch ausgeglichen wird, daß ein Druckgasstrahl eingesetzt wird, um das geschmolzene bzw. das erweichte Metall der Scheibe wegzublasen bzw. kraftvoll wegzuschleudern, so daß mit einem Laserstrahl vorgegebener Energiedichte breitere Schlitten in die Scheibe geschnitten werden können, als dies bisher möglich war.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemä-

Ben Verfahrens sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden nachstehend anhand von Zeichnungen noch näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer Kupplungsscheibe, in der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren Schlitze hergestellt werden;

Fig. 2 eine vergrößerte perspektivische Teilansicht der in Fig. 1 gezeigten Anordnung;

Fig. 3 einen vergrößerten Querschnitt längs der Linie 3-3 in Fig. 1 und

Fig. 4 eine schematisierte Querschnittsdarstellung zu Erläuterung der Herstellung von Schlitzen in einer Scheibe mit Hilfe eines defokussierter Laserstrahls.

Im einzelnen dienen die Zeichnungen der Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand der Erläuterung der Herstellung einer Kupplungsscheibe 10 zur Verwendung in einer elektromagnetischen Kupplungseinrichtung, wie z. B. einer elektromagnetischen Bremse oder Kupplung. Während die Kupplungsscheibe 10 im Prinzip auch ein Anker sein könnte, ist sie in den Zeichnungen ferner als Bestandteil eines Kupplungsrotors 11 dargestellt, wie er beispielsweise in der eingangs zitierten US PS 41 87 937 für eine typische elektromagnetische Kupplung beschrieben ist. Im vorliegenden Fall hat der Rotor speziell eine kreisrunde Form und umfaßt einen sich in axialer Richtung erstreckenden äußeren Flansch 12 und eine sich in axialer Richtung erstreckende innere Nabe 13, wobei diese beiden Elemente 12 und 13 vorzugsweise einstückig an einer der Flächen, nämlich der Fläche 14 (Fig. 2), der nachstehend einfach nur noch als Scheibe bezeichneten Kupplungsscheibe 10 angeformt sind. Die gegenüberliegende Fläche der Scheibe 10 bildet die Arbeitsfläche des Rotors 11 (das heißt, die Kupplungs- bzw. Bremsfläche) und ist dazu geeignet, den Anker der Kupplungseinrichtung reibschlüssig zu erfassen. In üblicher Weise besteht der Rotor 11 aus einem magnetisierbaren Material mit niedriger Reluktanz, beispielsweise aus Stahl des US-Typs AISI 1010.

Der Einfachheit halber bildet der spezielle Rotor 11, der in Fig. 1 bis 4 gezeigt ist, einen Bestandteil einer vierpoligen Kupplungseinrichtung, und die Scheibe 10 besitzt daher innere und dazu konzentrische äußere, nichtmagnetische Widerstands- bzw. Sperrbereiche. Beim Ausführungsbeispiel werden die nicht-magnetischen Sperrbereiche durch eine innere und eine radial im Abstand davon angeordnete äußere Reihe, bzw. durch zwei Ringe von in Umfangsrichtung im Abstand voneinander angeordneten Schlitzen 20 gebildet. Dabei wird ein Magnet durch den Bereich der Scheibe 10 gebildet, der innerhalb des inneren Ringes von Schlitzen liegt. Zwei Pole werden durch die Fläche zwischen den Ringen gebildet, und der vierte Pol wird durch die Fläche außerhalb des äußeren Ringes gebildet. Durch Anbringen eines dritten Ringes von Schlitzen in der Scheibe 10 könnte der Rotor 11 als Element einer sechspoligen Kupplungseinrichtung ausgebildet werden.

Die Schlitze 20 jedes Ringes sind voneinander jeweils durch in Umfangsrichtung im Abstand voneinander angeordnete magnetische Brücken 21 (Fig. 3) getrennt, welche zwischen den Schlitzen 20 stehen bleiben, um den konstruktiven Zusammenhalt bzw. die Einstückigkeit der Scheibe 10 aufrecht zu erhalten. Jeder der Schlitze 20 wird gewöhnlich als "Bananen"-Schlitz bezeichnet, da er derart ausgebildet ist, daß er eine längliche bogenförmige Außenseite und eine längliche, dazu konzentrische Innenseite und zwei mit einem Radius abgerundete Enden aufweist.

Gemäß der vorliegenden Erfindung werden die Schlitze 20 in der Scheibe 10 mit Hilfe eines Laserstrahls 25 hergestellt, welcher in der Lage ist, relativ breite Schlitze herzustellen, obwohl er nur eine relativ geringe Energie bzw. Leistungsdichte besitzt. Zu diesem Zweck wird der Laserstrahl bezüglich der Scheibe 10 defokussiert bzw. aufgefächert, während gleichzeitig, in Verbindung mit dem Laserstrahl mit einem Druckgasstrahl gearbeitet wird. Wie aus der nachfolgenden Erläuterung deutlich werden wird, ermöglicht der kombinierte Einsatz eines aufgefächerten Laserstrahls und eines Druckgasstrahles bei Einsatz eines Lasers mit vorgegebener Leistung die Schaffung eines Schlitzes der breiter ist, als dies sonst möglich wäre.

Wie die Zeichnung zeigt, wird der Laserstrahl 25 erfindungsgemäß durch eine fokussierende Spitze 26 am unteren Ende eines Laserkopfes 27 hindurch nach unten gerichtet. Dabei sind die Scheibe 10 und der Laserkopf 27 derart montiert, daß sie relativ zueinander um eine mit dem Mittelpunkt der Scheibe 10 zusammenfallende Achse verdrehbar sind, wobei im hier speziell betrachteten Fall die Relativdrehung bewirkt wird, indem der Laserkopf 27 fest in seiner räumlichen Lage gehalten wird, während der Rotor 11 um seine Achse gedreht wird. Dabei versteht es sich, daß stattdessen der Rotor in einer festen Lage gehalten werden könnte und daß in diesem Fall der Laserkopf 27 längs einer kreisförmigen Bahn um die Achse des Rotors bewegt werden könnte.

Die Spitze 26 fokussiert den Strahl 25 derart, daß der Durchmesser des Laserstrahls an einem Brennpunkt 35 mit minimalem Querschnitt in der Größenordnung von etwa 0,254 bis 0,508 mm liegt. In diesem Bereich minimalen Querschnitts ist die Energiedichte des Laserstrahls am größten und beträgt bei einem typischen Laser etwa $1,55 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$ (10^7 W/inch^2). Bei dieser Energiedichte und bei in der Ebene der Scheibe 10 liegendem Brennpunkt 35 kann der Laserstrahl niedrig legierten Kohlenstoffstahl schnell schneiden, wobei jedoch bei einem Durchlauf nur Schlitze mit einer relativ geringen Breite in der Größenordnung von etwa 0,254 bis 0,508 mm geschnitten werden können.

Gemäß der Erfindung wird nun der Laserstrahl 25 bezüglich der Scheibe 10 aufgefächert, indem man entweder die fokussierende Spitze 26 in Richtung auf die Scheibe 10 absenkt oder indem man die Scheibe 10 bezüglich der Spitze 26 anhebt. In beiden Fällen wird der Brennpunkt 35 bzw. die Fläche mit dem minimalen Strahldurchmesser in die Scheibe bzw. unter die Ebene der Scheibe abgesenkt, wie dies in Fig. 4 schematisch dargestellt ist, während der Strahldurchmesser an der Stelle, an der der Laserstrahl zuerst auf die Fläche 14 der Scheibe 10 auftrifft, beträchtlich erhöht wird. Durch diese Zunahme des Strahldurchmessers wird die Energiedichte des Laserstrahls an der Fläche 14 der Scheibe 10 verringert, wobei diese Verringerung der Energie pro Flächeneinheit jedoch erfindungsgemäß durch den Einsatz eines Druckgasstrahls kompensiert wird.

Wie Fig. 2 zeigt, wird der Druckgasstrahl durch eine Düse 30 gegen die Scheibe 10 gerichtet. Das Gas wird der Düse 30 mit einem Überdruck durch einen Schlauch 31 zugeführt, und die Düse 30 richtet den Druckgasstrahl gegen einen Bereich der Scheibe 10, der unmittelbar an den Bereich angrenzt, der von dem Laserstrahl 25 überstrichen wird. Der Druckgasstrahl bläst das geschmolzene Metall aus den Schlitzen 20 heraus und ermöglicht damit das effektive Schneiden eines breiten Schlitzes mit Hilfe des defokussierter Strahls. Beispielsweise ermöglicht die Verbindung eines Druckluftstrahls

in Verbindung mit einem defokussierten Strahl, der eine Energiedichte von etwa $1,55 \times 10^4 \text{ W/cm}^2$ (10^5 W/inch^2) besitzt, das Schneiden von Schlitten mit einer Breite bis zu 1,9 mm.

Wenn anstelle eines Luftstrahls ein Sauerstoffstrahl verwendet wird, reagiert der Sauerstoff mit dem (erhitzten) Stahl der Scheibe 10 und bewirkt ein Schmelzen des Stahls mit einer Geschwindigkeit, die höher ist, als dies bei alleiniger Verwendung eines Laserstrahls der Fall wäre. Hierdurch wird die Möglichkeit geschaffen, mit dem Laser relativ breite Schlitzte mit einer relativ hohen Geschwindigkeit herzustellen; der Einsatz von Sauerstoff für die Erzeugung des Druckgasstrahles ermöglicht die Herstellung von Schlitten mit einer Breite von bis zu etwa 5,08 mm in einem einzigen Schritt, wobei jedoch die Kanten der Schlitzte etwas rauher werden, als die Kanten von Schlitten, die bei Verwendung eines Druckluftstrahls erhalten werden.

Patentansprüche

20

1. Verfahren zum Herstellen einer mehrpoligen Kupplungsscheibe für eine elektromagnetische Kupplungseinrichtung, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

25

es wird eine Scheibe aus magnetisierbarem Material hergestellt;

es wird ein Laserstrahl gegen eine Oberfläche der Scheibe an einer Stelle gerichtet, die zwischen der Mitte der Scheibe und dem äußeren Umfang derselben liegt;

30

es wird dafür gesorgt, daß der Laserstrahl an einer Stelle auf die Scheibe auftrifft, die sich im Abstand vom Brennpunkt des Laserstrahls befindet, um den Laserstrahl bezüglich der Scheibe zu defokussieren; es wird eine relative Drehbewegung zwischen der Scheibe und dem Laserstrahl herbeigeführt, um zu bewirken, daß der defokussierte Laserstrahl Teile der Scheibe schmilzt und relativ breite, gekrümmte Schlitzelemente in der Scheibe erzeugt; und während der Bildung der Schlitzelemente wird ein Druckgasstrahl, welcher dem Laserstrahl eng benachbart ist, gegen die Scheibe gerichtet.

35

40

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Gas für den Druckgasstrahl Luft verwendet wird, welche geschmolzenes Material aus den Schlitzelementen herausbläst, während die Schlitzelemente von dem Laserstrahl erzeugt werden.

45

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Gas für den Druckgasstrahl Sauerstoff verwendet wird, welcher mit dem Material der Scheibe reagiert und das Aufschmelzen desselben unterstützt, derart daß der aus Sauerstoff bestehende Druckgasstrahl geschmolzenes Material aus den Schlitzelementen herausbläst, während diese mit Hilfe des Laserstrahls hergestellt werden.

50

55

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mit einem feststehendem Laserstrahl gearbeitet wird und daß die relative Drehbewegung durch Drehen der Scheibe um eine durch ihren Mittelpunkt hindurchgehende und zu der zu bearbeitenden Fläche senkrechte Achse herbeigeführt wird.

60

65

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

THIS PAGE BLANK (USPTO)

